

TRIZ no Desenvolvimento de Produto: Encontrando e Resolvendo Contradições Técnicas e Físicas

Marco Aurélio de Carvalho (CEFET-PR) decarvalho@cefetpr.br
Nelson Back (UFSC) backnb@terra.com.br
André Ogliari (UFSC) ogliari@emc.ufsc.br

Resumo

O processo de desenvolvimento de produto é um processo de solução de problemas. O próprio produto é uma solução para um problema do cliente e, no processo de desenvolvê-lo, a equipe de desenvolvimento de produto formula e soluciona uma variedade de problemas. Alguns destes problemas podem requerer a análise da causa raiz. Embora a análise da causa raiz possa ser muito rápida e eficaz, por vezes, ela demonstra um infundável apetite por dados, o que pode fazer com que ela custe muito caro e demore muito tempo. Esta é uma das razões pelas quais a solução de problemas orientada à contradição tem se tornado mais popular a cada dia. A análise de contradições baseada na TRIZ tende a ser, em geral, mais fácil, mais barata e mais rápida que a análise da causa raiz. Este artigo apresenta processos alternativos aos de análise da causa raiz, voltados para identificar e solucionar contradições num contexto de desenvolvimento de produto. O artigo provê exemplos do processo de análise e solução de contradições.

Palavras chave: TRIZ, Contradições, Princípios Inventivos, Princípios de Separação, Desenvolvimento de Produtos.

1. Introdução

O processo de desenvolvimento de produto (PDP) é um processo de solução de problemas. O próprio produto é uma solução para um problema do cliente e, no processo de desenvolvê-lo, a equipe de desenvolvimento de produto formula e soluciona uma variedade de problemas. Alguns destes problemas podem requerer a análise da causa raiz.

Por exemplo, imagine-se que, durante uma FMEA de projeto (PALADY, 1997) referente ao pára-brisa de um novo veículo, a equipe de desenvolvimento chegue à conclusão de que um modo de falha potencial pode ser causado pelo mau encaixe da moldura do pára-brisa na lataria. Investigar e identificar a causa raiz do mau encaixe pode ser um processo simples e direto, desde que a mesma seja razoavelmente bem conhecida. Entretanto, como a moldura se encaixa em um conjunto de peças, a investigação pode exigir a execução de uma grande quantidade de experimentos, envolvendo peças individuais, submontagens e montagem.

Esta é uma das razões pelas quais a solução de problemas orientada à contradição tem se tornado mais e mais popular. A análise de contradições baseada na TRIZ tende a ser, em geral, mais fácil, mais barata e mais rápida que a análise da causa raiz (MANN, 2003). Além disso, como a identificação e solução de contradições é uma das leis do desenvolvimento dos sistemas técnicos (como definido por Altshuller, 1979), a análise de contradições tende a direcionar o desenvolvimento para uma linha mais próxima da ideal. Este artigo apresenta processos alternativos aos de análise da causa raiz, voltados para identificar e solucionar contradições num contexto de desenvolvimento de produto. Inicialmente, o conceito de contradição é examinado. Em seguida, são descritas e exemplificadas formas de identificar e solucionar contradições. Finalmente, são apresentadas conclusões.

2. Metodologia

No presente artigo, com o objetivo de formular e resolver contradições, faz-se uso de revisão bibliográfica, análise crítica e imaginação. Os exemplos foram retirados da vivência dos autores na aplicação prática da TRIZ.

3. Contradições na TRIZ

Contradições são declarações que afirmam coisas aparentemente incompatíveis ou opostas. Na TRIZ, o conceito de contradição é uma consequência da primeira lei da dialética, a lei da unidade dos opostos, como explicado por Altshuller (1979).

Em termos mais práticos, Altshuller (1979) demonstrou que as partes dos sistemas técnicos desenvolvem-se de forma não uniforme, o que provoca o surgimento de contradições. A evolução de tais sistemas envolve a resolução de contradições.

Contradições aparecem numa variedade de formas. Savransky (2000) sugere uma ontologia de contradições, contendo contradições técnicas, físicas, matemáticas, fundamentais, cosmológicas, individuais, administrativas e culturais.

As contradições de interesse neste artigo são as técnicas e físicas.

4. Contradições técnicas e sua formulação

Contradições técnicas ocorrem quando há conflitos entre dois parâmetros técnicos. Num motor automotivo, por exemplo, há uma contradição técnica entre potência e peso. Na asa de uma aeronave, há uma contradição técnica entre resistência mecânica e peso.

Ao contrário do defendido por alguns autores em artigos recentes, contradições técnicas podem ser encontradas por diversos modos, como descrito (e demonstrado) a seguir.

4.1. Formulação de contradições a partir de soluções convencionais

Uma das formas mais simples de chegar a contradições técnicas é a partir de uma solução convencional. Este processo é ilustrado abaixo, através da busca de soluções para evitar a intoxicação de pessoas após desinsetizações.

O controle populacional de insetos domésticos tais como baratas, formigas, cupins, pulgas e aranhas é desejado, tanto para evitar a proliferação de doenças como para evitar acidentes.

A solução convencional para alcançar o objetivo "reduzir população de insetos" é a desinsetização do domicílio, de uma a duas vezes por ano. Esta prática é eficaz contra as pragas. Entretanto, os resíduos das substâncias utilizadas na desinsetização, frequentemente, provocam intoxicações nos habitantes dos domicílios. O contato com as substâncias tóxicas pode provocar acúmulo das mesmas em órgãos do corpo e doenças a longo prazo ou reações imediatas agudas em pessoas sensíveis, como crianças.

Nesta modalidade de formulação de contradições técnicas, a mesma é obtida confrontando-se o objetivo com o(s) efeito(s) indesejado(s) causado(s) pela solução convencional. A contradição técnica, neste caso, é (redução da) população de insetos versus (aumento da) intoxicação das pessoas.

Para utilizar a matriz de contradições, é preciso modelar a contradição técnica original em termos de parâmetros de engenharia. "População de insetos" é o parâmetro que se quer melhorar (reduzir) e pode ser modelado em termos de parâmetros de engenharia como "volume do objeto móvel" ou como "duração da ação do objeto móvel". "Intoxicação das pessoas", o parâmetro afetado negativamente, pode ser modelado como "efeitos indesejados

causados pelo objeto".

Para volume do objeto móvel versus efeitos indesejados causados pelo objeto, a matriz de contradições sugere os PIs (Princípios Inventivos) 17 (outra dimensão), 2 (remoção), 40 (materiais compósitos) e 1 (segmentação).

O PI 17 (outra dimensão) recomenda utilizar dimensões até agora não utilizadas, utilizar arranjos em camadas, virar o objeto e utilizar lados ainda não utilizados. Uma idéia obtida com uso deste princípio é a de aplicar o inseticida, por exemplo, somente sobre o forro, no teto, sob a mobília e em outros locais de difícil acesso para as pessoas.

Remoção, o PI 2, sugere remover a parte ou propriedade indesejada, ou separar a parte desejada do objeto. Pensando no inseticida, o que não se deseja é resíduo tóxico no domicílio, nas regiões onde transitam pessoas. Isto poderia ser implementado, por exemplo, através da idéia descrita acima, obtida com o PI 17, ou da substituição da forma mais comum de aplicação do produto (pulverização) por aplicações localizadas, fora do acesso de pessoas. Massas e géis inseticidas ou armadilhas também seriam formas de realizar a solução.

Uma possibilidade de aproveitar o PI 40 (materiais compósitos) para solucionar o problema é adicionar uma substância neutralizante na composição do inseticida. Esta seria projetada para ser ativada algum tempo após a aplicação, liberando um neutralizante da ação tóxica do inseticida. Naturalmente, especialistas do domínio do conhecimento específico teriam de ser consultados, para verificar a viabilidade da idéia.

Para a segunda contradição, duração da ação do objeto móvel versus efeitos indesejados causados pelo objeto, a matriz de contradições sugere os PIs 21 (aceleração), 39 (atmosferas inertes), 16 (ação parcial ou excessiva) e 22 (transformação de prejuízo em lucro).

O PI 21 (aceleração) sugere conduzir um processo ou certos estágios do mesmo a altas velocidades. O estágio a ser acelerado é a eliminação dos resíduos tóxicos das regiões onde há trânsito de pessoas. A idéia descrita acima, obtida com o PI 40 (materiais compósitos) poderia ter sido obtida, também, com o PI 21.

O PI 39 (atmosferas inertes) sugere a troca do ambiente normal por um ambiente inerte, ou o uso de partes ou aditivos neutros. A idéia associada é isolar a substância tóxica das pessoas, através de uma substância inerte. O uso deste PI pode resultar no desenvolvimento de uma armadilha (que isola, com partes inertes, a substância tóxica das pessoas) ou de uma isca (eficaz somente para alguns tipos de insetos), que somente libera o efeito tóxico quando levado até o "domicílio" do inseto.

O PI 16 (ação parcial ou excessiva) sugere realizar um pouco menos ou um pouco mais do que o estritamente necessário. Este PI poderia levar às mesmas idéias obtidas com uso PI 2, descritas acima.

O PI 22 (transformação de prejuízo em lucro) sugere utilizar fatores indesejados ou amplificá-los. Não se conseguiu chegar a nenhuma idéia com uso deste PI.

Algumas das idéias geradas acima já têm aplicação comercial. As novas idéias, uma vez implementadas, poderiam levar à oferta de novos serviços, por empresas envolvidas com desinsetização ou de novos produtos, por empresas envolvidas com a fabricação de inseticidas.

4.2. A partir do telhado da casa da qualidade

A casa da qualidade é a matriz do QFD utilizada na etapa de planejamento do produto (HAUSER & CLAUSING, 1988). Nesta matriz, a parte chamada de telhado é onde se faz cruzamentos entre as especificações que o produto deverá atender, de modo a identificar

conflitos entre as mesmas. Tais conflitos representam dificuldades a serem tratadas no projeto, caso a concepção do produto seja mantida similar à atual, porque a concepção atual foi a utilizada para identificar os conflitos. Por outro lado, os conflitos representam oportunidades de inovação, caso haja a disposição de tentar eliminá-los na nova concepção.

A grande vantagem de trabalhar com esta modalidade na formulação de contradições técnicas é que a formulação da contradição técnica básica já está praticamente pronta, bastando, para poder utilizar a matriz de contradições, traduzir as especificações contraditórias em parâmetros de engenharia.

A Figura 1 representa parte do telhado da casa da qualidade elaborada para uma roçadeira lateral. Os relacionamentos indicados com um sinal de menos e com um sinal de menos em negrito são, respectivamente, negativos e fortemente negativos. A formulação de contradições a partir do telhado da casa da qualidade é focada nestes tipos de relacionamentos. Observa-se que existe um relacionamento fortemente negativo entre potência e peso do produto. Esta é uma contradição comum a vários produtos que utilizam motores.

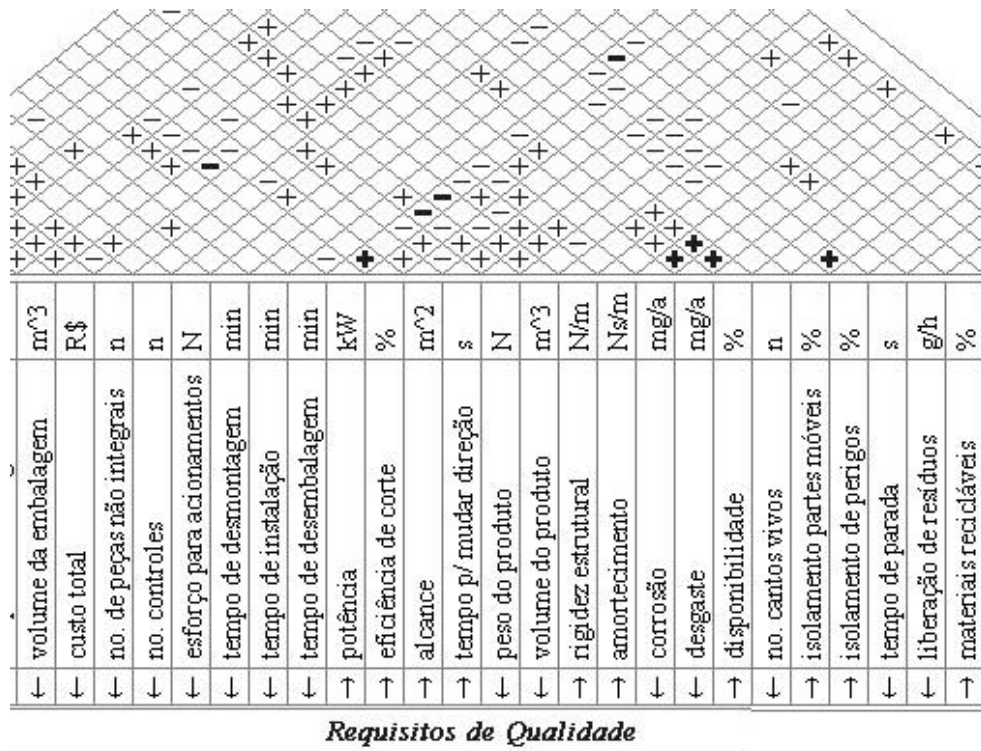


Figura 1 - Telhado da casa da qualidade para roçadeira lateral (Adaptado de De Carvalho, 1999)

A contradição técnica potência versus peso pode ser quase diretamente traduzida em termos de parâmetros de engenharia: potência versus peso do objeto móvel ou, para abrir um pouco as opções de princípios inventivos, uma vez que o problema também ocorre para máquinas motorizadas estacionárias, potência versus peso do objeto estacionário. Para potência versus peso do objeto móvel, os PIs sugeridos pela matriz de contradições são 8 (contrapeso), 36 (mudanças de fase), 38 (oxidantes fortes) e 31 (materiais porosos). Para potência versus peso do objeto estacionário, os PIs são 19 (ação periódica), 26 (cópia), 17 (outra dimensão) e 27 (uso e descarte). O leitor é gentilmente convidado a gerar idéias a partir destes PIs.

Nem sempre a transição do telhado da casa da qualidade para contradições técnicas em termos de parâmetros de engenharia é tão simples como no caso de potência versus peso. Não é

possível traduzir a contradição custo total versus potência, por exemplo, porque Altshuller não considerou custo um parâmetro de engenharia. Desta forma, para poder utilizar a matriz de contradições nos casos em que custo é uma das especificações conflitantes, torna-se necessário investigar quais as características técnicas que estão por trás do custo. O aumento da potência afeta o custo total da roçadeira, entre outras coisas, porque mais material é usado na fabricação do motor e dos subsistemas de apoio. Isto leva às contradições entre parâmetros de engenharia potência versus peso do objeto móvel (ou estacionário, como descrito acima) e potência versus volume do objeto móvel (ou estacionário).

A identificação de contradições técnicas através da casa da qualidade tem sido muito divulgada. Ela é muito interessante, num contexto de desenvolvimento de produtos. Entretanto, não é a única forma, como se está procurando demonstrar com este artigo.

4.3. A partir de uma matriz de impacto cruzado

Matrizes de impacto cruzado são ferramentas utilizadas em trabalhos de previsão e prospecção (TWISS, 1992). Servem para avaliar as interações de fatores e tendências consideradas importantes em relação a um determinado tema.

A matriz de impacto cruzado apresentada no Quadro 1 inclui algumas tendências consideradas relevantes para o desenvolvimento de futuros secadores de cabelos. Estas tendências são listadas nas linhas e colunas e, nos cruzamentos entre tendências, a equipe identifica os impactos, que podem ser inexistentes, baixos, médios ou altos e positivos ou negativos. Por exemplo, a tendência de menor nível de ruído produzido não tem impacto sobre a tendência menor velocidade de secagem influi de forma altamente negativa na tendência de menor ressecamento dos fios.

Tendências para o secador ?	Maior velocidade de secagem	Menor ressecamento dos fios	Menor nível de ruído produzido	Menor consumo de energia	...
Maior velocidade de secagem	I	A-	A-	M-	...
Menor ressecamento dos fios	B-	I	B-	M+	...
Menor nível de ruído produzido	A-	I	I	M+	...
Menor consumo de energia	B-	B+	B+	I	...
...
Impactos: I (Inexistente); B (Baixo); M (Médio); A (Alto); + (Positivo); - (Negativo)					

Quadro 1 - Matriz de impacto cruzado para secador de cabelos

Para fins de identificação de contradições, o foco deve dirigir-se para os impactos negativos. Considere-se, por exemplo, que a maior velocidade de secagem impacta de forma altamente negativa sobre o menor ressecamento dos fios. Esta é uma contradição técnica, que pode ser traduzida em parâmetros de engenharia e resolvida de forma similar ao que foi feito nos itens 3.1 e 3.2. O leitor é gentilmente convidado a buscar a solução deste problema, com uso dos

princípios inventivos e da matriz de contradições disponíveis na internet (DE CARVALHO, 2004).

4.4. A partir de uma análise de interações

Uma análise de interações para uma lata de bebidas (KAUS, 2004) é apresentada na Figura 2. Este tipo de análise pode ser feito, por exemplo, num trabalho de análise de valor.

Na análise de interações, são identificados todos os elementos do sistema e suas interações funcionais. As interações em preto são desejadas ou neutras. As interações em vermelho são indesejadas. Num trabalho de análise de valor (MILES, 1972), o foco seria eliminar as interações indesejadas e neutras e melhorar o número e qualidade das interações desejadas, mas, este não é o objetivo do presente artigo. Interessa, aqui, formular e resolver contradições. Neste exemplo, elas podem ser encontradas entre interações desejadas ou neutras e interações indesejadas. Por exemplo:

- O anel abre a tampa, mas, fere a mão;
- O disco conserva e armazena a bebida, mas, suja a boca;
- O corpo conserva e armazena a bebida, mas, resfria a mão.

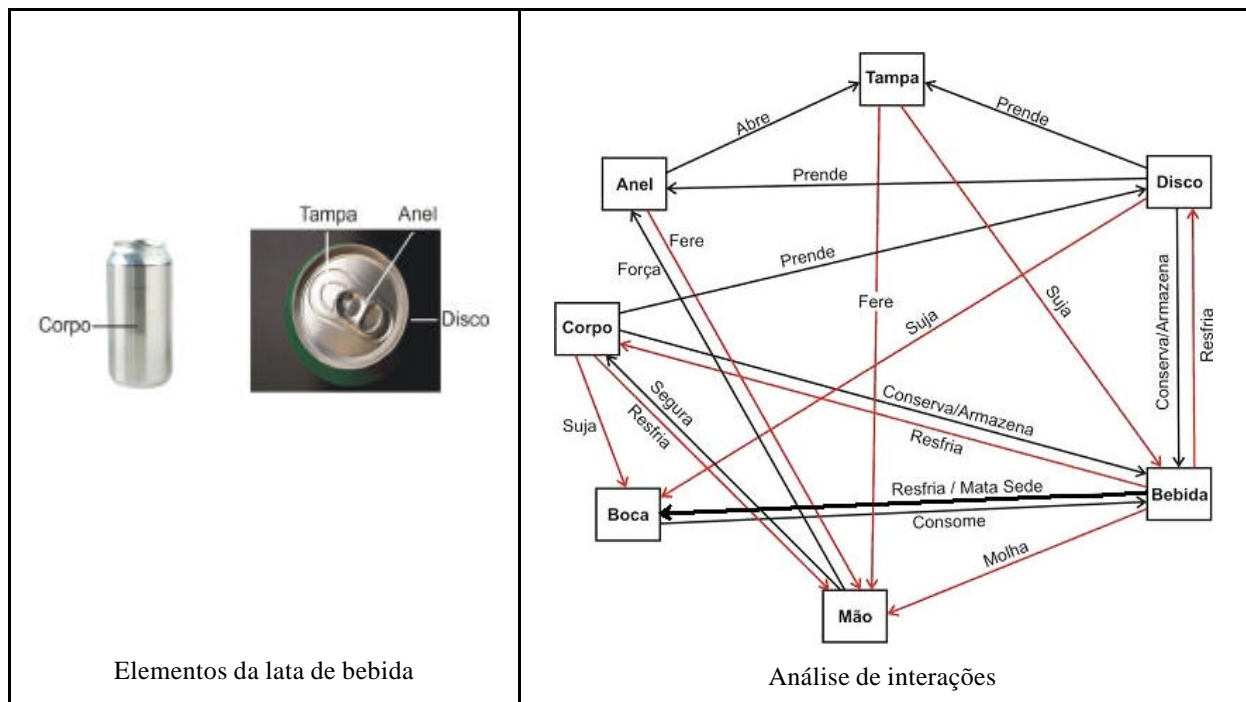


Figura 2 - Análise de interações para lata de bebida

Todas estas contradições são passíveis de modelagem em termos de parâmetros de engenharia e solução, de forma similar aos exemplos apresentados anteriormente.

Deste ponto em diante, passa-se a tratar de formular e resolver contradições físicas.

5. Contradições físicas e sua formulação

Contradições físicas correspondem a níveis contraditórios de um mesmo parâmetro ou propriedade (SAVRANSKY, 2000). Como as contradições técnicas, este tipo de contradição também pode ser formulado de diversas maneiras - inclusive a partir de uma contradição técnica.

Foi visto que, num avião, há uma contradição técnica entre resistência mecânica e peso da asa. Para a resistência mecânica, as contradições físicas possíveis são: a resistência mecânica precisa ser alta (porque há a necessidade de resistir às solicitações mecânicas) e baixa (porque é preciso gastar pouco material e reduzir o peso). Em relação ao peso, ele precisa ser alto (devido à resistência mecânica) e baixo (devido à necessidade de economizar combustível).

Por exemplo, no caso da lata de bebida, seriam exemplos de contradições físicas:

- O anel deve estar próximo da lata e distante (próximo para permitir o empilhamento, distante para evitar a necessidade de usar as unhas para erguê-lo e conseqüentes ferimentos);
- O corpo deve resfriar e não deve resfriar a mão (deve resfriar porque isso é inerente ao alumínio de que o corpo é feito; não deve resfriar porque isso é desagradável para o cliente).

A solução de contradições físicas envolve quatro possibilidades, expressas pelos princípios de separação: separação no tempo, no espaço, no sistema e conforme a condição (SAVRANSKY, 2000).

Aplicando, no exemplo do anel, os princípios de separação, chegou-se às idéias apresentadas no **Erro! A origem da referência não foi encontrada.** O leitor é, gentilmente, convidado a gerar idéias para a contradição relativas ao corpo.

Contradição		Princípio de Separação			
		No tempo	No espaço	No sistema	Conforme a condição
Anel próximo e distante da lata	Solução genérica	Num momento o anel está próximo e em outro, distante.	Numa parte da lata o anel está próximo e em outra, distante.	O anel está próximo no nível de componente, mas, distante no nível de sistema, ou vice-versa.	O anel está próximo sob uma condição, mas, distante sob outra condição.
	Idéia	Criação de um dispositivo acoplado ao anel que, acionado no momento do uso, afastasse levemente o anel da lata, permitindo que o mesmo fosse erguido com o dedo (e não com a unha)	Nenhuma.	Nenhuma.	Anel projetado de tal forma que, no transporte e armazenagem, é deformado pelo peso e fica próximo. Quando a lata é individualizada, o anel fica distante.
Corpo resfria e não resfria a mão	Solução genérica	?	?	?	?
	Idéia	?	?	?	?

Erro! A origem da referência não foi encontrada. - Contradições físicas na lata de bebidas e soluções

6. Conclusões

Neste artigo, foram conceituadas contradições técnicas e físicas, bem como apresentadas maneiras de formulá-las e solucioná-las. Para tanto, foram utilizados exemplos extraídos da vivência dos autores na aplicação prática da TRIZ.

Os processos de formular e resolver contradições, por ser essencialmente processos de raciocínio, tendem a ser rápidos e baratos. Isto difere do processo de análise da causa raiz, o qual, na experiência industrial dos autores, freqüentemente, resulta em extrapolação do tempo e custo considerados razoáveis para a resolução de um problema.

Os autores também desejam expressar que estão cientes de que idéias inventivas não são suficientes para a inovação. Porém, sem as mesmas, não há a possibilidade de inovação.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao CEFET-PR/DAMEC, UFSC/EMC, UFSC/PPGEP e ao Instituto Fábrica do Milênio pelo apoio financeiro e logístico a esta pesquisa.

Referências

ALTSHULLER, G. S. *Creativity as An Exact Science - The Theory of The Solution of Inventive Problems*. 1a. ed. Luxemburg: Gordon & Breach, 1984 (1a. ed. russa, 1979).

DE CARVALHO, M. A. *A TRIZ - Teoria da Solução Inventiva de Problemas*. Disponível na internet em <http://www.decarvalho.eng.br/triz.html>. Atualizado em 2005. Acessado em 2005.

DE CARVALHO, M. A., BACK, N. *Modelo Prescritivo para a Solução Criativa de Problemas nas Etapas Iniciais do Desenvolvimento de Produtos*. Dissertação de Mestrado. Curso de Mestrado em Engenharia de Produção da UFSC. Orientador: Prof. Nelson Back, 1999.

HAUSER, J. R.; CLAUSING, D. The House of Quality. *Harvard Business Review*, v.66, n.3, p. 63-73, May/June, 1988.

KAUS, N. de O. *Evolução Dirigida Aplicada ao Desenvolvimento de Embalagens: Uma Aplicação a Latas de Bebidas*. Monografia. Curso de Especialização em Gestão do Desenvolvimento de Produto do CEFET-PR. Orientador: Prof. Marco Aurélio de Carvalho. Curitiba: 2004.

MANN, D. *Hands-on Systematic Innovation*. Ieper (Bélgica): CREAX Press, 2002.

MILES, L. *Techniques of Value Analysis and Engineering*. New York: Mc-Graw-Hill, 1972.

PALADY, P. *FMEA - Análise dos Modos de Falha e Efeitos - Prevendo e Prevenindo Problemas antes que Ocorram*. São Paulo: IMAM, 1997.

SAVRANSKY, S. D. *Engineering of Creativity - Introduction to TRIZ Methodology of Inventive Problem Solving*. CRC Press: Boca Raton, 2000.

TWISS, B. C. *Forecasting for Technologists and Engineers - A Practical Guide for Better Decisions*. Stevenage: Peter Peregrinus, 1992.